

## MERMER TOZU İLE ÜRETİLMİŞ KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONLARIN DAYANIM ÖZELLİKLERİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI KULLANILARAK BELİRLENMESİ

Merve Açıkgenç\* , Kürşat Esat Alyamaç, Ragıp İnce

**Özet:** Yapay sinir ağları (YSA), genel olarak insan beyninin sinir ağı sistemini taklit eden bir bilgisayar programı ve bir bilgi işleme sistemidir. YSA' ya dışarıdan verilen bilgiler ile ilgili olaya ait örnekler üzerinde ağı eğiterek problemin modellenmesi sağlanır. Böylelikle, örnekler sayesinde açığa çıkarılmış özellikler üzerinde çeşitli genelleştirmeler yapılarak daha sonra ortaya çıkacak ya da o ana kadar hiç rastlanmamış olaylara da çözümler üretilmektedir. Kendiliğinden Yerleşen Beton (KYB), birçok avantajından dolayı beton sektöründe kullanımı her geçen gün artan, özel bir beton türüdür. KYB' de mermer tozu gibi atık malzemeler kullanılması ise bu ürünü çevre dostu yapmaktadır. Bu çalışmada, mermer tozu kullanılarak üretilmiş farklı karışım oranlarına sahip KYB karışımlarının, bileşenlerinden yola çıkılarak, beton numunelerinin dayanım özelliklerini tahmin eden bir YSA modellenmeye çalışılmıştır. Karışım oranları YSA' ya giriş olarak verilmiş ve çıkış olarak 28 günlük basınç dayanımlarının alınması amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda başarılı olan YSA modelinin, beton tasarımı için kullanılabilecek yöntemler arasında yer alması amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yapay Sinir Ağları, Mermer Tozu, Kendiliğinden yerleşen beton, Dayanım.

## DETERMINATION OF STRENGTH PROPERTIES OF SELF COMPACTING CONCRETE MANUFACTURED WITH MARBLE POWDER BY USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

**Abstract:** Artificial neural network (ANN) is generally information processing system and a computer program that imitates human brain's neural network system. By entering the information from outside, ANN can be trained on examples related to a problem, so that modeling of the problem is provided. Thus, ANN provides solutions for the events that are never experienced. Self-compacting concrete (SCC) is a special concrete type, due to several advantages, usage of SCC is increasing day by day. Besides SCC becomes eco- friendly by using waste materials such as marble powder. In this study, ANN that predicted strength properties of SCC has been modeled with mixture proportions of SCC produced by marble powder. Inputs of the ANN are mixture proportions and output is compressive strength for 28 days. Last of all, ANN has been modeled successfully in this study and it is the aim of this study that ANN can take part in the methods of concrete mix design.

**Key Words:** Artificial Neural Networks, Marble Powder, Self-Compacting Concrete, Strength.

### 1. Giriş

Kendiliğinden Yerleşen Beton (KYB), sık donatılı dar ve derin kesitlere kendi ağırlığı ile segregasyon olmaksızın yerleşen, herhangi bir vibrasyon işlemine gerek kalmadan sıkışan, dayanım ve dayanıklılık özellikleri ve performansları yüksek, çok akıcı kıvamlı özel bir beton türüdür. Betonda bu özellikleri bir araya toplamak için KYB, geleneksel beton tasarımından farklı olarak bir takım kimyasal ve puzolanik mineral katkılara ihtiyaç duyar. Kendiliğinden yerleşebilirliğin sağlanmasında kimyasal katkı olarak akışkanlaştırıcı veya viskozite

\* Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü/ELAZIĞ. E-posta: [merveacikgenc@firat.edu.tr](mailto:merveacikgenc@firat.edu.tr).

düzenleyici katkılara ihtiyaç duyulurken, dayanım, dayanıklılık veya maliyeti düşürmek için ise puzolanik katkılara ihtiyaç duyulmaktadır.

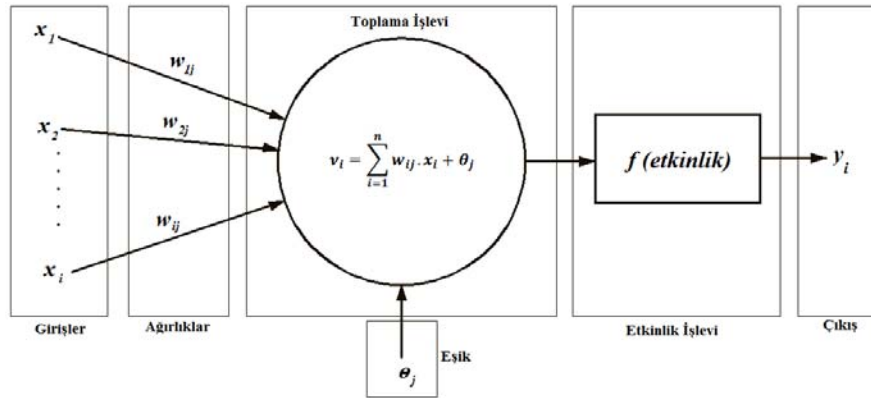
Mermer tozunun genel olarak çimento esaslı malzemelerde kullanımı oldukça yenidir ve gelişmektedir. Mermer yeryüzüne yakın bir maden türüdür. Ocaklarda çeşitli yöntemlerle, 15~20 tonluk bloklar halinde kesilen işlenmek üzere fabrika ve atölyelere taşınırlar. Bu işleme tesislerinde çeşitli boyut ve kalınlıkta kesilirler. Kesilme işlemi, kesicinin ısınmasını ve toz partiküllerinin havaya karışmasını önlemek amacıyla su kullanılarak yapılır. Bu işlem sonucunda açığa çıkan toz ve su birleşerek atık mermer çamurunu oluşturur. Bu atık malzeme ilk haliyle veya arıtma tesisinde suyu alındıktan sonra çevreye bırakılır. Bilinçsizce çevreye terk edilen bu malzemenin sebep olacağı zararlar çevre sağlığını olumsuz etkilemektedir (EFNARC, 2002; Alyamaç, 2008).

Bu çalışmada atık haldeki mermer çamuru kurutulup az bir fiziksel kuvvetle toz haline getirildikten sonra KYB içinde toz malzeme olarak kullanılmıştır. Üretilen 71 farklı beton karışımına sahip 150 mm ayrıtlı küp numunelerin 28 günlük basınç dayanımları elde edilmiştir. Elde edilen bu veriler doğrultusunda Yapay Sinir Ağı kullanılarak KYB karışımlarının basınç dayanımlarını tahmin eden bir model oluşturulmuştur.

## 2. Yapay Sinir Ağları

Yapay Sinir Ağları (YSA), insan beyninden esinlenerek geliştirilmiş, ağırlıklı bağlantılar aracılığıyla birbirine bağlanan ve her biri kendi belleğine sahip işlem elemanlarından oluşan paralel ve dağıtılmış bilgi işleme elemanlarıdır (Elmas, 2007). Genel anlamda YSA, insan sinir sistemini ve onu oluşturan sinir hücrelerini taklit eden bir bilgisayar programıdır. Sinir sisteminde olduğu gibi dışarıdan alınan uyarılara uygun tepkiler oluşturmak amaçlanır.

Bir YSA, birbirleriyle bağlantılı çok sayıda yapay sinir hücresinden oluşur. Bir yapay sinir hücresi, biyolojik sinir hücresinin dört temel işlevini gerçekleştirir. Dışarıdan gelen girişleri alır, bu girişlerden her biri ağırlık değerleriyle çarpılır, basitçe toplanır ve sonucu oluşturmak için etkinlik işlevinden geçirilerek çıkış alınır (Şekil 1).



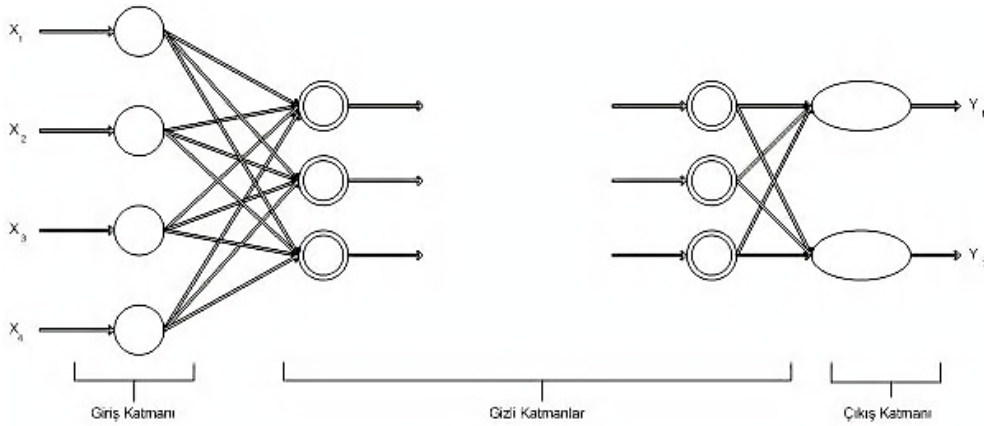
Şekil 1. Yapay sinir hücresi modeli

Bir yapay sinire gelen girişler ağırlıklarla çarpılır. Ağırlıklar, girişlerin sinir hücresi üzerindeki etkisini belirler. Bir hücre bir veya daha fazla giriş alabilir ve her bir girişin kendisine ait bir ağırlık değeri vardır. Ağırlık değerinin büyük değerler alması ilgili olduğu girişin önemli olduğu anlamına gelmektedir. Ağırlıklarla çarpılan girişler hücrede bir eşik değeriyle toplanarak etkinlik işlevinden geçirilir. Etkinlik işlevi hücre çıktısını belirleyen bir

fonksiyondur. Problemin tipine göre  $[0 \ 1]$  veya  $[-1 \ +1]$  aralığında seçilebilir. Genellikle etkinlik işlevi en iyi sonuç için deneme yanılma yoluyla bulunur (Elmas, 2007; Öztemel, 2003).

Birçok yapay sinir hücresi birleşerek bir ağ yapısı oluştururlar (Şekil 2). Bu yapay sinir ağı katmanlardan oluşur. Bu katmanlar verilerin alındığı giriş katmanı, bilginin işlendiği gizli katman veya katmanlar ve çıkışın üretildiği çıkış katmanı olarak adlandırılır. Giriş ve çıkış katmanlarındaki hücre sayısı giriş ve çıkış sayısı kadardır ancak gizli katmanların sayısına ve bu katmanlardaki hücrelerin sayısı deneme yanılma yolu ile belirlenir. Bir yapay sinir ağı (YSA), insan beyni gibi öğrenme, hatırlama ve genelleme yeteneğine sahiptir.

Bir YSA, kullanıcının verdiği iki nokta arasında çözümü bulmaya çalışır. Bir başka deyişle ağ problemi öğrenir. Problemin öğrenilmesi, ağdaki ağırlıkların en doğru değere ulaşmasıyla mümkün olur. Ağırlıkların doğru değere ulaşması ise ağa gösterilen örneklerle sağlanır. Örnek veriler için ağın üreteceği çıktı değerinin gerçek sonuçlara yakınlık derecesi göz önüne alınarak örnekler ağa tekrar tekrar gösterilir. Her adımda çıktı ile gerçek değer arasındaki hataya göre ağırlıklar değişir. Problem öğrenildikten sonra YSA, daha önce hiç görmediği örnekler için bile doğru sonuçlar üretebilir.



**Şekil 2.** YSA' ların genel yapısı

İnşaat mühendisliği alanında YSA ile yapılan çalışmalar mevcuttur. Örneğin, Yaprak vd. farklı sıcaklıklara maruz bırakılmış polipropilen lifli beton numunelerin basınç dayanımları YSA ile tahmin edilmeye çalışılmıştır (Yaprak vd., 2009). Güneyisi vd., betonda klor geçirgenliğini, çimento tipi, kür şartları ve süresi açısından tahmin etmeye çalışmışlardır (Güneyisi vd., 2009). Cassa vd. betonun erken yaş dayanımı ve diğer mekanik özelliklerini YSA kullanarak modellemeye çalışmışlardır (Cassa vd., 1999). Beycioğlu vd., YSA ile ağır betonların basınç dayanımlarının tahmini üzerinde çalışmışlardır (Beycioğlu vd., 2008). Şahin ve Shenoï çalışmalarında, hasarsız deney teknikleri kullanılarak laboratuvar ortamında alınan deneysel verilerle karşılaştırmak üzere, kiriş benzeri yapılarda oluşacak hasarların miktarı ve yerinin tespiti için global ve yerel titreşim analizi verilerini kullanarak geri beslemeli YSA ile model oluşturmuşlardır (Şahin ve Shenoï, 2003). Son olarak İnce, girişleri beton su/çimento oranı, en büyük agrega çapı ve basınç dayanımı olan ve çıkışları çentikli beton numunesinin iki kırılma parametresi (kritik gerilme şiddet faktörü ve kritik çatlak ucu deplasmanı) olan bir YSA modellemiştir (İnce, 2004).

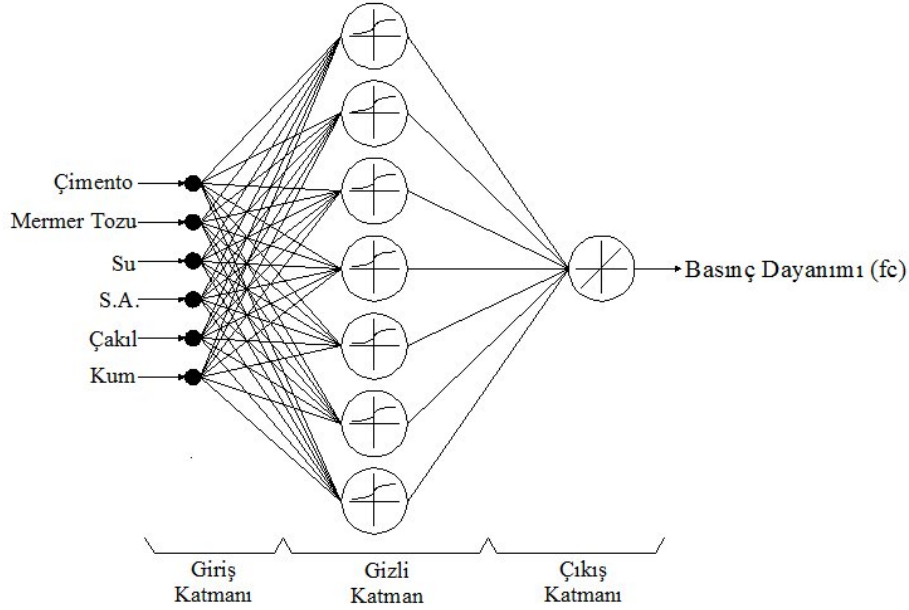
## 2.1. Yapay Sinir Ağının Oluşturulması

Bu çalışmada, mermer tozuyla üretilmiş KYB karışım oranları, çimento, mermer tozu (MT), su, süper akışkanlaştırıcı (SA), çakıl ve kum miktarları ( $\text{kg/m}^3$ ) giriş, KYB' ların 28 günlük basınç dayanımları (MPa) çıkış olacak şekilde bir YSA modeli oluşturulmuştur (Tablo 1).

**Tablo 1.** Eğitim verisini oluşturan KYB karışımları

Seri Adı	Girişler						Çıkış f <sub>c</sub> (Mpa)	Seri Adı	Girişler						Çıkış f <sub>c</sub> (Mpa)
	Karışım Oranları ( $\text{kg/m}^3$ )								Karışım Oranları ( $\text{kg/m}^3$ )						
	Çim.	MT	Su	SA	Çakıl	Kum		Çim.	MT	Su	SA	Çakıl	Kum		
C2V*	300	100	165	6	722	1095	39.1	C38V*	400	150	180	8	653	990	57.3
C3V*	300	100	165	9	722	1095	29.3	C38B*	400	150	180	8	653	990	57
C5V*	300	100	180	6	706	1071	37.8	C38S*	400	150	180	8	653	990	56.9
C6V*	300	100	189	6	696	1055	36.4	C40V*	400	150	200	8	632	958	54.2
C7C*	300	100	201	6	685	1039	34.2	C41V*	400	150	200	12	632	958	52
C7S*	300	100	201	6	685	1039	33.7	C43V*	400	150	220	8	611	926	48.9
C11V*	300	200	180	6	667	1012	40.9	C43B*	400	150	220	8	611	926	48.3
C12V*	300	200	189	6	657	996	38.7	C43S*	400	150	220	8	611	926	47.9
C12B*	300	200	189	6	657	996	38.5	C46V*	450	50	198	9	654	992	52.4
C12S*	300	200	189	6	657	996	38.4	C47V*	450	100	198	9	634	962	55.1
C13V*	300	200	189	9	657	996	37.8	C48V*	500	0	210	10	646	979	57.8
C14V*	300	200	201	6	646	980	37.3	C50V*	500	50	190	10	647	982	65.3
C15V*	300	200	210	6	636	964	34.7	C50S*	500	50	190	10	647	982	63.9
C19V*	300	250	189	6	637	967	37.3	C51V*	500	50	200	10	637	966	62.2
C20V*	300	250	189	9	637	967	37.3	C52V*	500	50	210	10	626	950	60
C22V*	300	250	201	6	627	951	35.6	MTV	350	150	199,5	7	791	791	47,85
C23V*	300	250	201	9	627	951	35.1	MTS	350	150	199,5	7	791	791	50,37
C24V*	300	250	210	6	616	935	33.8	MTB	350	150	199,5	7	791	791	45,48
C24B*	300	250	210	6	616	935	33.5	MTREF	350	0	199,5	7	838	838	40,15
C24S*	300	250	210	6	616	935	33	MTK1	500	100	235	10	706	706	60,89
C25V*	300	250	210	9	616	935	32	MTK2	400	200	236	8	700	700	50,07
C27V*	350	50	210	7	677	1027	38.7	MTK3	300	300	249	6	674	674	21,93
C28V*	350	150	210	7	638	968	40.9	MTK4	400	100	224	8	761	761	37,04
C30V*	400	0	180	8	711	1079	55.6	MTK5	300	100	201	6	837	837	54,37
C31V*	400	0	192	8	701	1063	52	MTK6	300	200	219	6	762	762	38,22
C32V*	400	0	200	8	690	1047	49.3	MP16	350	100	210	7	802	802	45,3
C33V*	400	50	204	8	667	1013	50.2	REF16	350	0	210	7	825	825	36,4
C34V*	400	100	180	8	672	1020	53.8	MT1	315	35	198,45	6,3	862	862	41,8
C35V*	400	100	192	8	662	1004	50.7	MT2	298	52	199,66	5,96	861	861	43,3
C35B*	400	100	192	8	662	1004	50.4	MT3	280	70	198,8	5,6	860	860	36,9
C36V*	400	100	212	8	641	972	46.2	MT4	263	87	199,88	5,26	859	859	33
C37V*	400	100	220	8	630	956	39.6	REF2	350	0	199,5	7	864	864	38,9

Toplamda 71 adet verinin, 64 adeti eğitim verisi olarak kullanılmış ve bu veriler doğrultusunda YSA en doğru çıkışları üretene kadar eğitilmiştir. Geriye kalan 7 adet veri ise test verisi olarak saklanmış ve ağa eğitim sürecinde gösterilmemiştir. Oluşturulan YSA modelinin bir şeması Şekil 3'de görülmektedir.



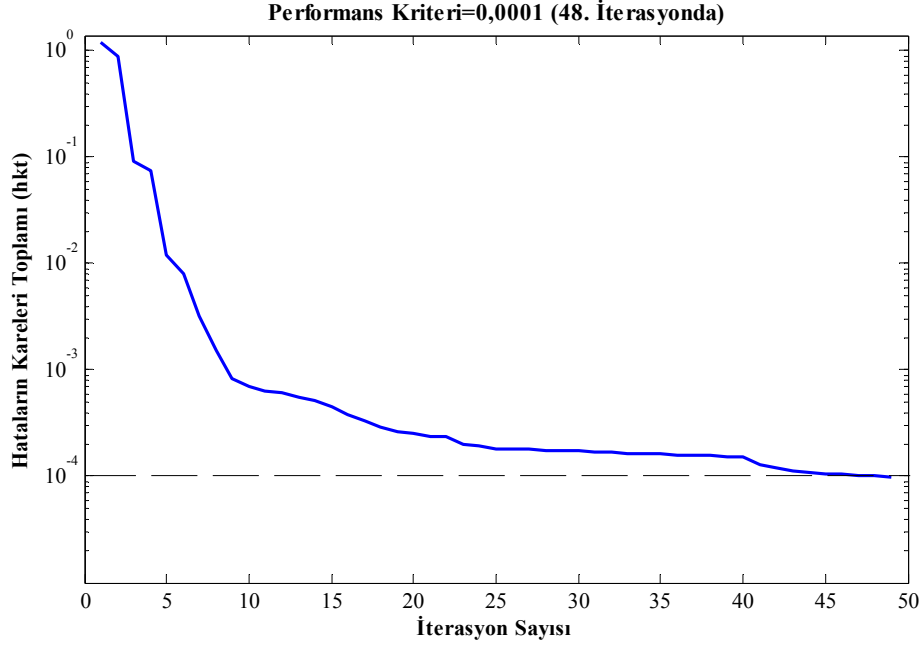
Şekil 3. Çalışmada kullanılan YSA modeli

## 2.2. Yapay Sinir Ağının Eğitilmesi ve Test Edilmesi

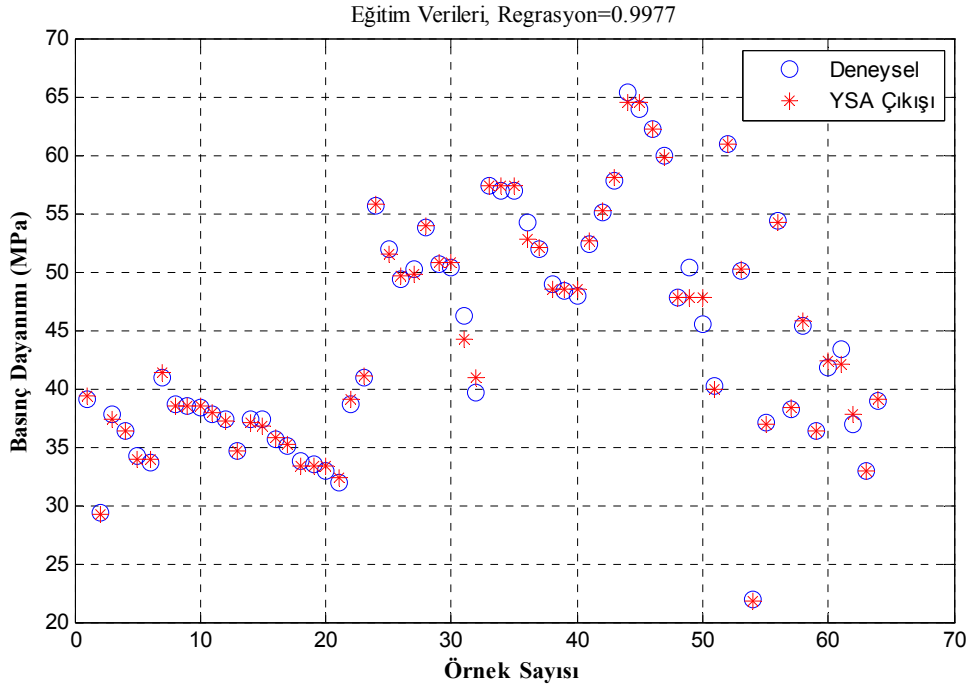
YSA' nın eğitim sürecinde, ağa girilen bilgilere en doğru çıkışı üreten ağ yapısı deneme yanılma yoluyla bulunmuştur. Ağ, 6 giriş ve tek çıkış içermektedir. Ayrıca bir gizli katman ve bu katmanda 7 yapay hücre içermektedir. Gizli katmanın etkinlik işlevi logaritmik sigmoid fonksiyonudur. Çıkış katmanının işlevi ise  $y=x$  doğrusal fonksiyonudur.

Şekil 3'de görülen ağ, önce 64 adet veri ile eğitilmiş ve ağ çıktıları ile gerçek çıkışlar arasındaki hata oranı kullanılarak ağırlıklar değiştirilmiştir. Bu veri seti tekrar tekrar ağa tanıtılarak her defasında ağırlıklar yenilenmiştir ve hataların karelerinin toplamının (performans kriteri) 0,0001'in altına inmesi sağlandığında ağın eğitimi durdurulmuştur. Alınan sonuçlar aşağıdaki grafiklerde görülmektedir.

Şekil 4'de görüldüğü gibi 48 iterasyon sonucunda hataların kareleri toplamı (hkt)  $10^{-4}$  'ün altına düştüğünde ağın eğitimi durdurulmuştur. Şekil 5'de ağın ürettiği çıkışlar deneysel bulgularla karşılaştırıldığında YSA' nın eğitim verisini neredeyse tam olarak öğrendiği görülür.



Şekil 4. Performans kriterinin değişimi

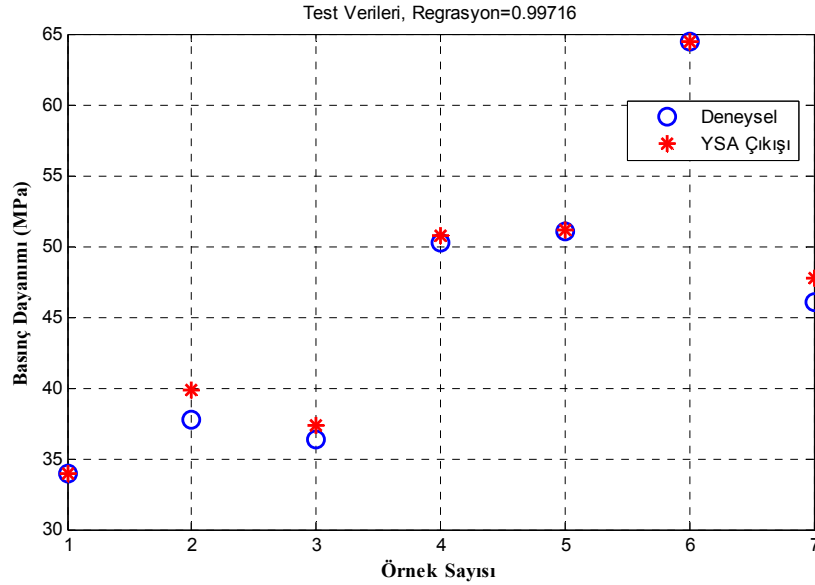


Şekil 5. Eğitim verilerinin basınç dayanımlarının YSA çıktılarıyla karşılaştırılması

Problemi öğrenmiş olan YSA, daha önceden ağa tanıtılmamış olan 7 adet test verisi ile test edilmiştir. Tablo 2’de ağa verilen girişlerle birlikte deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar ve YSA’nın ürettiği çıktıları görülmektedir. Ayrıca Şekil 6’da bu sonuçların grafiksel karşılaştırılması görülmektedir.

**Tablo 2.** Test verisi için YSA' nın ürettiği çıkış değerleri

Seri Adı	Girişler						f <sub>c</sub> (MPa)	
	Karışım Oranları (kg/m <sup>3</sup> )						Deneysel	YSA Çıkışı
	Çim.	Toz	Su	SA	Çakıl	Kum		
C7B*	300	100	201	6	685	1039	34	33,95423
C17V*	300	250	180	6	648	983	37.8	39,84462
C29V*	350	200	210	7	619	938	36.4	37,33093
C35S*	400	100	192	8	662	1004	50.3	50,77227
C42V*	400	150	212	8	621	942	51.1	51,17002
C50B*	500	50	190	10	647	982	64.5	64,47576
MTVSB	350	150	199,5	7	791	791	46,07	47,7654

**Şekil 6.** Test verilerinin basınç dayanımlarıyla YSA çıkışlarının karşılaştırılması

Şekil 6 incelendiğinde YSA' nın problemi düzgün bir şekilde öğrendiğini hatta daha önce görmediği veriler için de doğru sonuçlar üretebildiğini görebiliriz.

### 3. Sonuçlar

Girişi kendiliğinden yerleşen beton karışım oranları olan ve çıkışı, bu karışımlara sahip betonların 28 günlük basınç dayanımı olan Yapay Sinir Ağı, bu çalışmada başarılı olmuştur. 64 adet eğitim verisini öğrendikten sonra, 7 adet test verisine de doğru çıkışları üretebilen YSA, bu problemde kullanılabilirliğini kanıtlamıştır. İleride yapılacak çalışmalar için, örnek sayısının artırılması halinde doğruluk oranı çok yüksek beton karışım dizaynları çok kısa sürede yapılabilecektir. Üstelik YSA' nın beton karışım hesabı problemlerinde kullanılmaya başlanmasıyla önemli derecede zaman ve ekonomik kazanç sağlanacaktır.

## Kaynaklar

- Alyamaç, K.E. (2008). Kendiliğinden Yerleşen Betonun Lineer Olmayan Kırılma Mekanik Prensipleriyle İncelenmesi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, 129s., Elazığ.
- Beycioğlu, A., Kılınçarslan, Ş., Başyigit, C., Emiroğlu, M., Akkurt, İ. (2008). Yapay Sinir Ağları İle Ağır Betonların Basınç Dayanımının Tahmini. Fırat Üniversitesi Fen ve Müh. Bil. Dergisi 20 (4), 609-616.
- Cassa, J., Florida, G., Souza, A.R., Oliveira, R.T. (1999). Prediction of Concrete Mechanical Behaviour from Data at Lower Ages using Artificial Neural Networks. 0-7803-5489-3/99, IEEE, 381-387s.
- EFNARC, (2002). Specifications and Guidelines for Self-Compacting Concrete. EFNARC, Association House, 99 West Street, Farnham, UK, www.efnarc.org, ISBN 0 953973344, 32p.
- Elmas, Ç. (2007). Yapay Zeka Uygulamaları (Yapay Sinir Ağları, Bulanık Mantık, Genetik Algoritma). ISBN 978-975-02-0614-6, Seçkin Yayın Evi, Birinci Baskı, Ankara.
- Güneyisi, E., Gesoğlu, M., Özturan, T., Özbay, E. (2009). Estimation of Chloride Permeability of Concretes by Empirical Modeling: Considering Effects of Cement Type, Curing Condition and Age. Construction and Building Materials 23, 469–481.
- Öztemel, E. (2003). Yapay Sinir Ağları. Papatya Yayıncılık, ISBN 975-67-97-39-8, İstanbul.
- İnce, R. (2004). Prediction of Fracture Parameters of Concrete by Artificial Neural Networks. Engineering Fracture Mechanics, Vol. 71 (2004) 2143–2159.
- Sahin, M., Sheno, R.A. (2003). Qualification and Localisation of Damage in Beam-Like Structures by Using Artificial Neural Network With Experimental Validation. Engineering Structures, 25,1597-1610.
- Yaprak, H., Karacı, A. (2009). Polipropilen Lifli Betonların Yüksek Sıcaklık Sonrası Basınç Dayanımlarının Yapay Sinir Ağları ile Tahmini. Int.Journal Engineering Research & Development, Vol.1, No.2.